Novembre 2014 Série technique 14-103

Impact de la forme architecturale sur la performance énergétique potentielle des collectifs d'habitation

INTRODUCTION

À la base, la forme architecturale des collectifs d'habitation est définie par la géométrie de leur empreinte au sol et par la hauteur du bâtiment. L'enveloppe (fenêtres, murs, toit et fondations) entoure la forme et sépare le milieu intérieur de l'environnement extérieur. Les balcons et autres caractéristiques d'un immeuble peuvent aussi contribuer à sa forme architecturale. Cette forme n'a pas seulement une incidence sur la consommation d'énergie associée au conditionnement de l'espace (chauffage et climatisation), mais elle détermine aussi dans quelle mesure le toit et les murs pourront recevoir des dispositifs pour capter l'énergie solaire.

Pour chacun de ces éléments, l'impact de la forme architecturale sur la consommation d'énergie requise pour le conditionnement des locaux est assez bien connu. C'est quand il faut tenir compte de l'ensemble de ces éléments qu'il est difficile de prévoir les impacts. Par exemple, il n'est pas toujours évident de percevoir les interrelations qu'il peut y avoir entre, d'une part, la hauteur d'un bâtiment et la géométrie de son empreinte au sol et, d'autre part, la consommation d'énergie et le potentiel d'énergie solaire qui en résultent. Les caractéristiques thermiques des surfaces occupées par les murs et les fenêtres dans l'enveloppe du bâtiment, ainsi que la proportion relative entre l'aire de fenêtrage et la surface occupée par les murs peuvent avoir une incidence importante sur les charges annuelles de chauffage et de climatisation des immeubles. Bien que les gains de chaleur solaire réalisés grâce aux fenêtres puissent contribuer à abaisser les charges de chauffage durant l'hiver, ils peuvent également imposer des charges de climatisation excessives pendant l'été. Le rapport global entre la surface des murs opaques et les surfaces fenêtrées a aussi un effet considérable sur la performance thermique et les gains de chaleur solaire de l'ensemble des surfaces murales et influence la surface disponible en façade pour capter l'énergie solaire. Par ailleurs, les collectifs d'habitation sont souvent dotés de balcons donnant accès à l'extérieur. Selon la façon dont les balcons sont rattachés à la structure de l'immeuble, les ponts thermiques qui en résultent pourront amoindrir la performance thermique effective de l'enveloppe dans son ensemble. Cela dit, durant les mois d'été, les balcons peuvent ombrager les fenêtres qui se trouvent à l'étage inférieur, ce qui réduit l'apport de chaleur solaire à travers les vitrages et abaisse d'autant les charges de climatisation du bâtiment.

On comprend assez bien de quelle manière chacun de ces paramètres agit individuellement sur la performance énergétique des collectifs d'habitation. Ce qui est moins clair, c'est la façon dont ils interagissent et l'impact qu'ils ont sur la consommation d'énergie associée au conditionnement des locaux et sur la production d'électricité à partir de l'énergie solaire. C'est pour mieux saisir ces interrelations que la SCHL a commandé une étude devant évaluer l'impact relatif de la forme architecturale et des paramètres de l'enveloppe sur la performance énergétique et le potentiel de captage de l'énergie solaire des collectifs d'habitation.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

MÉTHODE

Les auteurs de cette étude ont eu recours à des modèles informatiques pour estimer la consommation d'énergie horaire de plusieurs immeubles et déterminer l'impact que pouvaient avoir les paramètres à l'étude *(voir le tableau 1)* sur leurs charges de chauffage et de climatisation. Quelques milliers de simulations ont été effectuées (pour la région de Toronto, en Ontario), afin d'étudier des combinaisons uniques de formes architecturales *(voir la figure 1)* et de paramètres d'enveloppe *(voir la figure 2)*. Les résultats ont ensuite été analysés afin de cerner des tendances dans la façon dont la conception et les caractéristiques de la forme architecturale ainsi que les paramètres de l'enveloppe peuvent influer sur les charges annuelles de chauffage et de climatisation. De plus, l'impact de la forme architecturale et des différents types d'enveloppes sur le potentiel de captage de l'énergie solaire du toit et/ou des murs opaques faisant face au soleil a été évalué tant pour les installations photovoltaïques que pour les systèmes solaires thermiques (chauffage de l'eau domestique).

Les simulations ont modélisé des bâtiments ayant des empreintes au sol de géométries différentes et un nombre d'étages différent, ce qui a donné des surfaces de plancher brutes différentes. Afin de pouvoir comparer les résultats, les charges de chauffage et de climatisation ont été normalisées en fonction de l'aire de plancher du bâtiment. Les valeurs relatives à la consommation d'énergie ont été rapportées par unité de surface du bâtiment (c'est-à-dire l'intensité des charges de chauffage et de climatisation annuelles). Cette façon de procéder a facilité la comparaison de bâtiments de tailles différentes et comportant des nombres de logements et d'occupants différents). Les résultats relatifs au potentiel d'utilisation de l'énergie renouvelable ont été calculés en fonction de leur puissance absolue (en MWh par exemple) et ont aussi été normalisés par rapport à la surface de plancher brute du bâtiment, un facteur qui n'influence pas la performance d'un système à énergie renouvelable. Toutefois, en normalisant la puissance d'un système à énergie renouvelable en fonction de l'aire de plancher du bâtiment, on se donne du contexte lorsqu'il s'agit de comparer les charges de chauffage et de climatisation d'un bâtiment relativement au potentiel de production d'énergie renouvelable.

Tableau 1 Éléments architecturaux examinés dans cette étude

Éléments Architecturaux à examiner	Détails
3 tailles de collectifs	Immeuble de faible hauteur, 3 étages Immeuble de hauteur moyenne, 5 étages Immeuble de grande hauteur, 10 étages (et plus)
5 empreintes au sol	En forme de barre (avec un seul corridor* bilatéral) – rotation de 0° et de 90° Carré (avec un corridor unilatéral) – aucune rotation requise En « L » (deux corridors** bilatéraux, c'est-à-dire deux bâtiments en forme de barre) – rotation de 0, 90, 180 et 270 degrés En « H » (deux corridors** bilatéraux réunis par un troisième, soit trois bâtiments en forme de barre réunis) – rotation de 0 et 90° En « U » (semblable au bâtiment en « H ») – rotation de 0, 90, 180 et 270 degrés
3 valeurs RSI pour les murs (avec effets des ponts thermiques)	RSI 1,5; exemple : façade en brique avec mur creux, espace isolé entre les poteaux d'acier RSI 2,3; exemple : façade en brique avec mur creux, espace isolé entre les poteaux et isolant extérieur entre la façade et le mur intérieur RSI 0,8; exemple : mur à pans de verre avec panneaux d'allège isolés
6 niveaux de performance pour les fenêtres (combinaison coefficient U et CARS)	Double vitrage, gain solaire élevé, faible émissivité, gaz argon entre les vitres Double vitrage, gain solaire faible, faible émissivité, gaz argon entre les vitres Double vitrage, gain solaire élevé, faible émissivité dans la cavité, faible émissivité sur la surface intérieure exposée, gaz argon entre les vitres Double vitrage, gain solaire faible, faible émissivité dans la cavité, faible émissivité sur la surface intérieure exposée, gaz argon entre les vitres Triple vitrage, gain solaire élevé, faible émissivité, gaz argon entre les vitres Triple vitrage, gain solaire faible, faible émissivité, gaz argon entre les vitres
3 rapports fenêtres-murs	30 % / 55 % / 90 %
3 configurations extérieures	Aucun balcon Béton en porte-à-faux Balcon avec coupure thermique

* Par un seul corridor bilatéral, on entend une empreinte au sol constituée d'un seul corridor par étage bordé de logements de chaque côté.

** Par deux corridors bilatéraux, on entend une empreinte au sol constituée de deux corridors par étage bordés de logements de chaque côté.

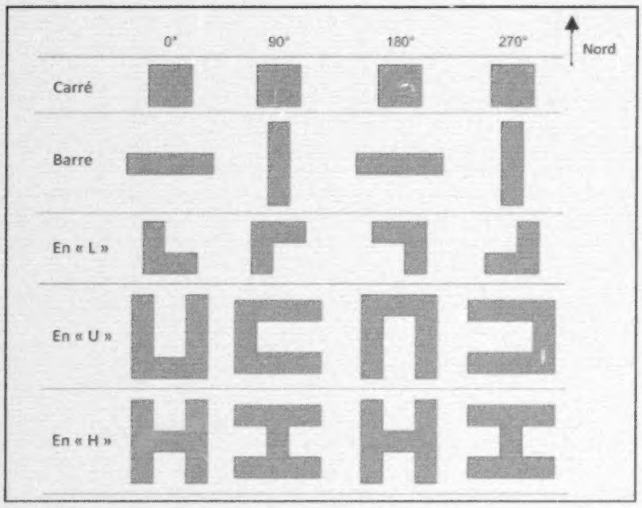

Figure 1 Empreintes au sol et orientations des bâtiments étudiés

Les charges annuelles de chauffage et de climatisation sont définies sous la forme de l'énergie de chauffage ou de climatisation (en watt-heures par mètre carré (Wh/m^2) d'espace conditionné de bâtiment) qui doit être fournie à l'espace conditionné par l'installation de chauffage ou de climatisation. Cette valeur ne tient pas compte du rendement de conversion (par exemple, l'efficacité de la chaudière) ou de l'énergie auxiliaire (utilisée pour les pompes et les ventilateurs, par exemple) dont les systèmes ont besoin pour chauffer et climatiser l'espace conditionné. Il ne faut pas la confondre avec les charges de pointe ou les charges de calcul quotidiennes, qui sont des valeurs instantanées utilisées pour dimensionner les appareils de conditionnement des locaux, ou avec la consommation annuelle d'énergie, qui inclut les rendements de conversion.

CONCLUSIONS

L'étude a permis de déterminer que plusieurs paramètres clés de forme architecturale peuvent entraîner des réductions importantes de l'intensité des charges annuelles de chauffage et de climatisation. Par ailleurs, on a constaté que la géométrie de l'empreinte au sol et l'orientation du bâtiment avaient généralement très peu d'incidence sur les charges de chauffage (du fait que les résultats des simulations des impacts des différentes géométries d'empreinte et orientations sur les charges de chauffage étaient toujours très proches les uns des autres), mais qu'elles avaient un peu plus d'impact sur les charges de climatisation. Cela dit, l'ensemble des facteurs liés à l'enveloppe du bâtiment, y compris la valeur isolante des murs, le coefficient U des fenêtres et le coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) des fenêtres, ainsi que le rapport fenêtrage-mur (RFM), ont beaucoup plus d'impacts sur les charges de chauffage et de climatisation que d'autres facteurs *(voir les figures 3 et 4)*. Ainsi, même si les décisions initiales du

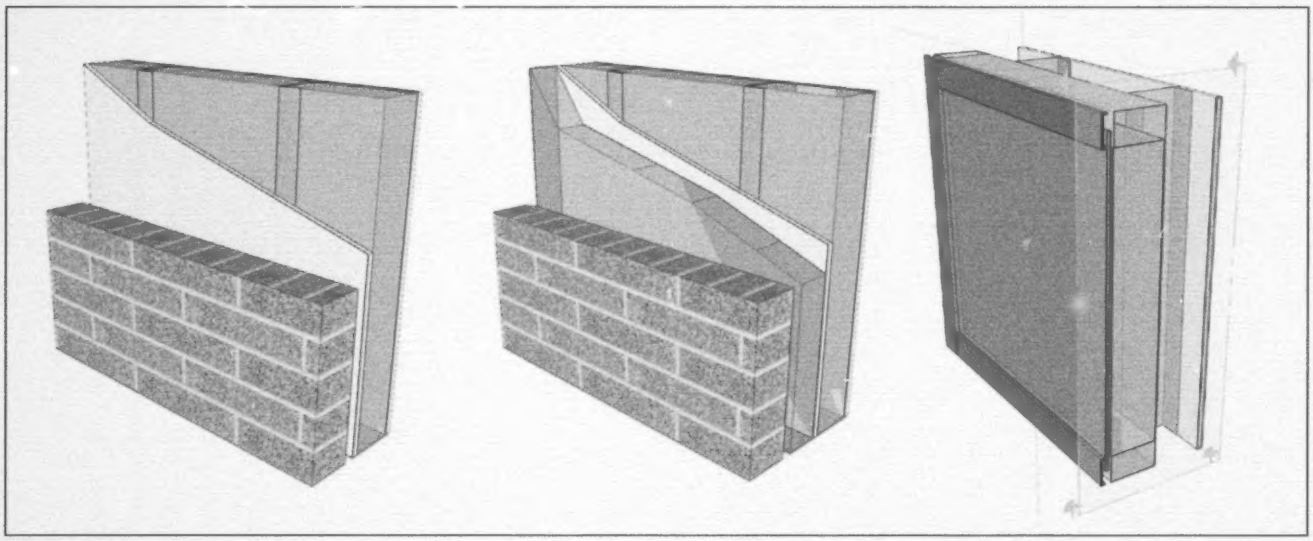

Figure 2 Types de murs étudiés

concepteur touchant la géométrie de l'empreinte au sol et l'orientation du bâtiment pourront effectivement avoir une incidence sur la performance énergétique potentielle du bâtiment, la performance thermique globale de l'enveloppe (y compris le RFM) demeure le plus important facteur à considérer au moment de concevoir un bâtiment de manière à réduire au minimum les charges énergétiques liées au chauffage et à la climatisation.

L'étude a fait ressortir qu'il n'y a pas de combinaison idéale sur le plan de la forme architecturale (empreinte au sol, orientation et nombre d'étages) par rapport aux paramètres de l'enveloppe. Les impacts sur les charges de chauffage et de climatisation attribuables aux divers paramètres de l'enveloppe – tels que la construction des murs (valeur RSI), les fenêtres (coefficient U et CARS), le RFM (ensemble des gains solaires et conductance thermique mur/fenêtre globale) et les balcons (valeur RSI des murs et gains solaires atteignant le bâtiment) – se sont avérés relativement indépendants de la géométrie des immeubles.

Sans surprise, les enveloppes les plus performantes en ce qui concerne la charge de chauffage se caractérisaient par un faible RFM (30 %), des murs bien isolés et des fenêtres à triple vitrage et à faible émissivité permettant des gains solaires élevés. Pour réduire le plus possible les charges de climatisation en été, on pourrait recourir à des fenêtres à triple vitrage et à faible émissivité ayant un faible CARS; or, cela voudrait dire sacrifier une quantité considérable de gains de chaleur solaire passifs, ce qui entraînerait du coup une élévation des charges de chauffage.

Les bâtiments dont l'empreinte au sol forme une sorte de cour intérieure (en « U » et en « H ») ont affiché des charges de chauffage légèrement réduites et des charges de climatisation très réduites par rapport aux géométries plus courantes telles que les « barres » ou les « carrés ». Dans cette étude, l'empreinte au sol en « L » a généralement offert la pire performance, puisque les bâtiments ainsi configurés ont enregistré les charges de chauffage et de climatisation les plus élevées une fois la normalisation appliquée en fonction de l'aire de plancher. Bien que l'orientation de chaque empreinte au sol ait eu peu d'incidence sur les charges de chauffage, on a pu observer une importante diminution des charges de climatisation lorsque les bâtiments en « U » et en « H » étaient orientés de manière à ce que la « cour intérieure » donne à l'est ou à l'ouest.

Le nombre d'étages des bâtiments avait une plus grande incidence sur l'intensité de la charge de chauffage annuelle que l'empreinte au sol ou l'orientation du bâtiment. En maximisant le nombre d'étages (en l'occurrence 10 étages pour les besoins de l'étude dont il est ici question), on a pu réduire de près de 20 % l'intensité de la charge totale,

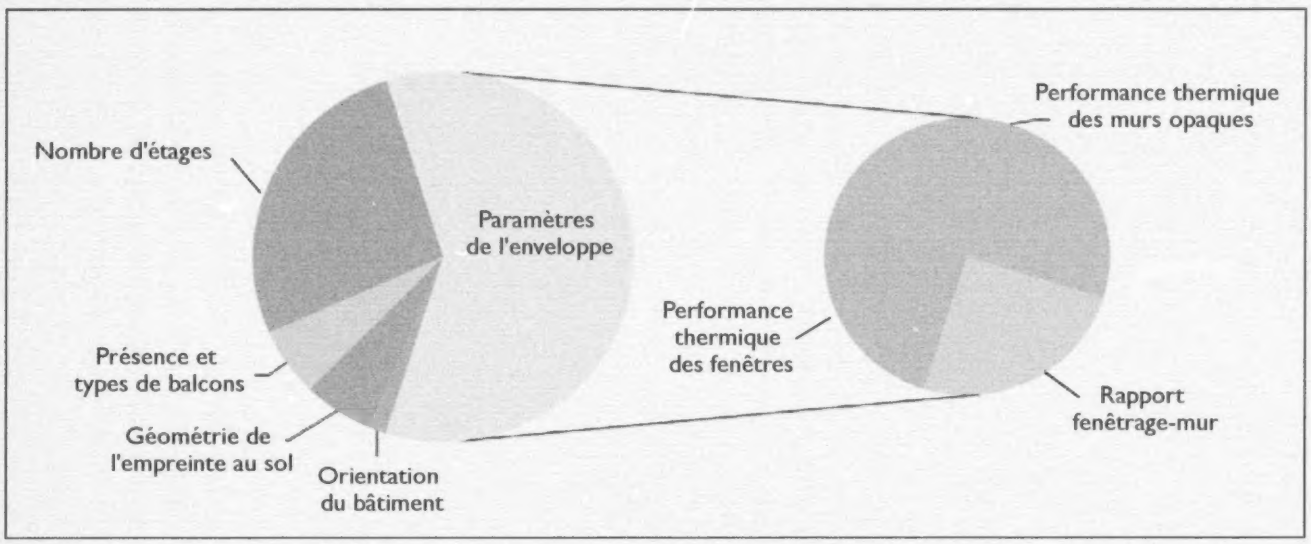

Figure 3 Impact relatif des caractéristiques architecturales sur les charges de chauffage

l'importante réduction de la charge de chauffage compensant l'accroissement de la charge de climatisation. L'intensité de la charge de chauffage annuelle peut être réduite malgré le fait que la surface occupée par l'enveloppe à la verticale (et donc la perte de chaleur) augmente en fonction de la hauteur du bâtiment, car la surface occupée par le toit et la dalle de plancher (ainsi que la perte de chaleur connexe) demeure constante.

Sur le plan du potentiel solaire relativement à la hauteur du bâtiment, les petits bâtiments offrent les meilleures perspectives tant pour les systèmes de chauffage solaire de l'eau domestique que pour les systèmes photovoltaïques, quant à la production d'énergie par unité d'aire de plancher, puisque la superficie de toit relative est plus grande par rapport à la superficie totale des espaces conditionnés. Par comparaison, les bâtiments de plus grande hauteur ont affiché une intensité réduite de la charge de chauffage annuelle, alors que cette intensité augmentait pour la climatisation. Les concepteurs de bâtiments souhaitant atteindre une consommation énergétique nette de zéro devront rechercher un équilibre entre la hauteur du bâtiment et une empreinte au sol plus grande (comme les formes en « H » et en « U ») s'ils veulent optimiser le potentiel au chapitre de l'énergie renouvelable. En outre, le RFM a un impact considérable sur la surface de mur opaque pouvant recevoir des capteurs solaires photovoltaïques verticaux. En effet, un RFM plus élevé se traduit par des charges de chauffage accrues et par un potentiel d'énergie solaire réduit lorsque la superficie des fenêtres est plus grande que celle des murs.

Les balcons peuvent créer de l'ombre. Toutefois, selon la manière dont la dalle des balcons est fixée au bâtiment, les ponts thermiques (potentiels) peuvent abaisser la valeur RSI effective du mur. L'accroissement des charges de chauffage causé par l'effet de pont thermique des balcons compte parmi les effets les moins importants observés au cours de cette étude (augmentations se situant entre 4 % et 8 % pour ce qui est de la charge de chauffage, tout dépendant du RFM). Cependant, si un balcon crée un pont thermique, il aura un impact relatif plus grand sur la charge de chauffage (donc un accroissement de cette charge) que la valeur RSI globale des murs (murs opaques et fenêtres). Autrement dit, en présence d'une enveloppe très performante, les ponts thermiques causés par les balcons doivent être pris en compte et doivent être réduits le plus possible soit au moyen de coupures thermiques placées entre la dalle des balcons et la structure du bâtiment, soit en limitant la longueur des balcons. Étant donné que les balcons réduisent l'intensité de la charge annuelle de climatisation grâce à l'ombre qu'ils procurent, toute mesure susceptible d'amoindrir leur impact négatif sur les charges de chauffage serait bénéfique.

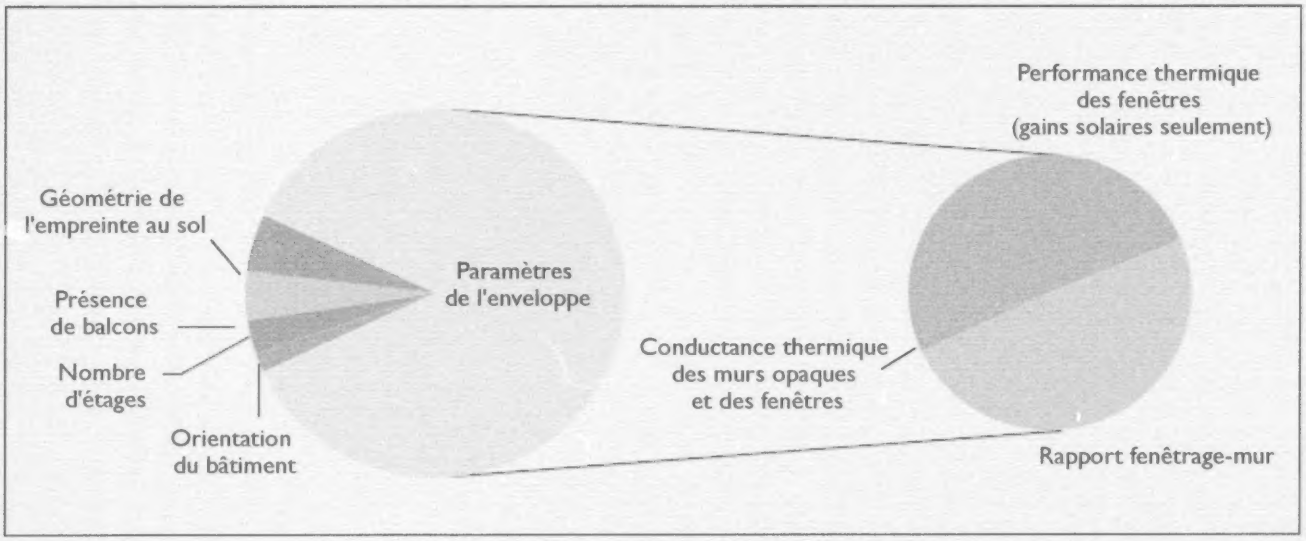

Figure 4 Impact relatif des caractéristiques architecturales sur les charges de climatisation

Les impacts relatifs globaux des caractéristiques architecturales sur les charges de chauffage et de climatisation sont illustrés à la Figure 3 et à la Figure 4, respectivement. Les segments les plus gros représentent les éléments qui ont le plus d'impact sur les charges de chauffage et de climatisation et qui, donc, requièrent plus d'attention au moment de la conception. Par exemple, comme on peut le voir sur les figures, les paramètres de l'enveloppe (RFM, performance thermique) sont les facteurs les plus importants à considérer en ce qui concerne la gestion de l'intensité des charges annuelles de chauffage et de climatisation des bâtiments. Le nombre d'étages a une plus forte incidence sur l'intensité des charges de chauffage que sur celle de la climatisation. Les paramètres de l'enveloppe sont relativement plus importants quand on tient compte de l'impact sur l'intensité de la charge annuelle de climatisation *(voir la figure 4)*.

CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DE L'HABITATION

Les résultats de cette étude de modélisation révèlent que les concepteurs qui cherchent à réduire les charges liées au conditionnement des locaux dans les collectifs d'habitation devraient se pencher d'abord sur les paramètres touchant la performance de l'enveloppe. Les autres paramètres concernant la forme architecturale tels que la géométrie de l'empreinte au sol, l'orientation du bâtiment et sa hauteur ont tendance à avoir moins d'impact sur la performance énergétique des collectifs d'habitation et pourraient être pris en charge une fois que la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment a été optimisée.

Directeur de projet à la SCHL : Woytek Kujawski

Consultants pour le projet de recherche :
Enermodal Engineering
Membre du Groupe MMM

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la ***Loi nationale sur l'habitation,*** le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent Point en recherche fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

68214

©2014, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 04-11-14

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.